

Histoire des sciences et pédagogie au collégial

Une première version de ce texte figure sur le site du *Saut quantique*, le Centre d'innovation pédagogique en sciences de la nature au collégial, à l'adresse suivante : www.apsq.org/sautquantique, dans la section intitulée « Dossiers chauds ». Développé dans une optique différente, le texte actuel est davantage orienté vers l'ensemble des domaines scientifiques, incluant donc les sciences dites humaines¹.

Jean-Claude Simard
Professeur de philosophie
Cégep de Rimouski



Dans toute son histoire, la science n'a jamais joué un rôle social aussi important qu'à l'époque actuelle, alors que, plus ou moins directement, elle touche et transforme toutes les dimensions de notre vie. Pourtant, en raison de son excessive spécialisation, de son vocabulaire éminemment pointu, du caractère abscons du formalisme mathématique et de l'abstraction extrême de certaines de ses théories, elle n'a jamais paru si peu accessible, du moins aux yeux du grand public. C'est pourquoi la vulgarisation scientifique est devenue, au fil des ans, une branche à part entière de l'édition ou de l'activité médiatique. Elle connaît d'ailleurs un succès aussi certain que mérité. Mais ce n'est malheureusement pas suffisant car le fossé ainsi creusé risque d'engendrer, soit le scientisme chez des praticiens déconnectés, soit l'obscurantisme chez des profanes dépassés, deux fléaux antithétiques propres à favoriser, en amont comme en aval, de dangereux déficits démocratiques. Aussi ne faut-il pas se fier aux seuls avantages de la vulgarisation ; intégrer l'activité scientifique elle-même à une forme de culture élargie constitue à notre avis une nécessité de plus en plus évidente. C'est d'ailleurs l'un des sens principaux de l'expression *culture scientifique*, une figure sociale en gestation et dont il faut accélérer l'émergence.

Il nous semble qu'une telle culture doit comporter au moins trois volets complémentaires, quoique distincts, liés aux diverses modalités de l'activité scientifique : sa dimension cognitive, son développement historique et ses retombées sociales. À cet effet, progressivement affinés au cours du siècle dernier, trois champs d'investigation peuvent orienter efficacement la réflexion. Plus philosophique, mais à présent pratiquée aussi par les femmes et les hommes de science, l'épistémologie vise à prendre en compte la dimension cognitive de l'activité scientifique. Quant à l'histoire et à la sociologie des sciences, bien que moins connues du grand public, elles sont souvent utilisées par la vulgarisation elle-même. Enfin, analysées sous l'angle des rapports entre science, technologie et société, les retombées sociales constituent un champ d'expertise qui a pris beaucoup d'ampleur dans la seconde moitié du

xx^e siècle. En fait, ce champ est progressivement devenu une composante incontournable de la réflexion contemporaine en matière d'activité scientifique.

Comme l'indique le titre de cet article, nous traiterons surtout ici le second de ces trois volets. Nous souhaitons entre autres **envisager la question sous un angle pédagogique**. Auparavant, en effet, les différentes disciplines scientifiques au collégial n'avaient guère à tenir compte de la dimension historique dans leur enseignement et, quand elles le faisaient, c'était souvent de manière assez anecdotique. Une telle attitude n'est plus guère possible. À titre d'exemple, examinons le cas des sciences de la nature. Deux au moins des objectifs du nouveau programme, entré en vigueur ces récentes années, touchent directement des éléments relatifs à l'histoire des diverses disciplines dont on enseigne les bases. Il s'agit des objectifs 8 (« Établir des liens entre la science, la technologie et l'évolution de la société ») et 10 (« Situer le contexte d'émergence et d'élaboration des concepts scientifiques »). C'est dans le cadre d'une culture élargie – ce que nous avons précédemment appelé une culture scientifique – que nous nous proposons d'analyser ici ces nouveautés pédagogiques et disciplinaires. L'adoption d'une telle optique devient d'ailleurs d'autant plus pertinente que notre compréhension de l'histoire des sciences a elle-même subi des changements importants au cours du siècle qui vient de s'achever, entraînant des modifications significatives dans notre conception de leur genèse comme de leur développement. De plus, cet éclairage nouveau alimentera, espérons-le, la réflexion personnelle de l'enseignante ou de l'enseignant appelé à aborder l'histoire des sciences avec ses élèves.

***Cet éclairage nouveau alimentera, espérons-le,
la réflexion personnelle de l'enseignante ou de
l'enseignant appelé à aborder l'histoire
des sciences avec ses élèves.***

La version habituelle de l'histoire des sciences en présente le cours comme linéaire, cumulatif et interne². Interne au sens où ce développement s'expliquerait d'abord et avant tout par des facteurs propres à la pratique scientifique elle-même ainsi qu'à sa démarche spécifique : observation d'un fait nouveau ou encore problème inédit, élaboration d'une hypothèse explicative, expérimentation, analyse et validation des résultats, infirmation ou confirmation de l'hypothèse et, enfin, découverte, plus ou moins inattendue³. Il serait ensuite cumulatif au sens où il faudrait voir cette histoire comme un ajout incessant de connaissances nouvelles à valeur explicative de plus en plus étendue. L'on se rapprocherait ainsi peu à peu d'une compréhension complète de la nature, de l'homme et de leurs mystères. Enfin, ce développement serait linéaire au sens où il s'agirait d'un progrès soutenu où le passé serait garant de l'avenir. De sorte que le tableau plus ou moins conscient résultant de la combinaison de ces trois présupposés implicites, cumul méthodique, linéarité spontanée et internalisme, ferait des notions abordées en classe des théories cohérentes, quasi définitives, découvertes et vérifiées plus ou moins récemment grâce au progrès régulier des connaissances positives. Dans une telle perspective, l'édifice des sciences serait inachevé, certes, mais difficilement discutable et sans failles notables.

Assez classique, ce schéma, a été passablement mis à mal au XX^e siècle. Nous essaierons ici de voir brièvement pourquoi et en quel sens, afin d'obtenir une compréhension un peu plus nuancée du développement des sciences, ce qui constitue un atout significatif pour quiconque enseigne ces disciplines.

UNE HISTOIRE MOINS INTERNE QU'IL N'Y PARAÎT

Dans *Experience and Prediction* (Chicago, 1938), ouvrage qui connut à l'époque un retentissement mérité, Hans Reichenbach⁴ proposait une notion importante pour la pédagogie et l'histoire des sciences. Il s'agit de la fameuse distinction entre contexte de découverte et contexte de justification. C'est dans cet ouvrage que Reichenbach l'a exposée pour la première fois, mais il l'a par la suite utilisée sur une base régulière, par exemple dans *Philosophical Foundations of Quantum Mechanics* (University of California Press, 1944), où il prétend que le développement de la physique quantique au début du XX^e siècle en constitue une illustration particulièrement éloquent (p. 67 et suiv.). En quelques mots, le contexte de justification, c'est la façon dont on expose après coup les résultats scientifiques. Les différentes matières sont alors abordées comme une somme de résultats à peu près intangibles dont il s'agit de saisir la logique immanente, tandis que le développement des diverses sciences est pour sa part enseigné comme une accumulation progressive et orientée de faits, lois ou théories acquis grâce à l'application d'une méthode, plus ou moins rigoureuse selon les domaines en cause.

Cette façon de présenter les choses se réduit à la prise en considération des facteurs que l'on appelle habituellement cognitifs ou épistémiques. C'est bien sûr la base de tous les manuels. Elle est légitime dans la mesure où elle exerce l'esprit analytique et permet en outre un apprentissage rigoureux et, partant, efficace. Cependant, elle pose problème lorsqu'on prétend en faire la source d'un enseignement utilisant l'histoire des sciences, car c'est rarement ainsi que s'opèrent réellement les percées dans ce domaine. Bien différent, le contexte de découverte est en fait beaucoup plus complexe, moins linéaire et normé et, de plus, tissé, on le verra, d'interprétations *a posteriori*. Qu'en est-il des conditions générales dans lesquelles a baigné le travail du savant ou du théoricien ? D'ailleurs, depuis quand exactement y a-t-il des « savants » et que signifie au juste ce terme ? Comment prendre en considération les débats et les querelles, les incertitudes et les hésitations, voire les gaffes et les erreurs qui ont marqué le cheminement vers telle ou telle théorie ? L'évolution des sciences est-elle toujours vraiment un passage de l'erreur qui a précédé la découverte à la vérité qui l'accompagne comme une soudaine illumination éclairant la nuit antérieure ? Que retenir du contexte général d'une époque passée et de ses enjeux majeurs ? Envisagé sous ce nouvel éclairage, le processus de production des connaissances scientifiques acquiert évidemment un visage bien différent et beaucoup plus ouvert.

Avant toute chose, il faut d'abord reconnaître que, naturelles ou humaines, les sciences ont une histoire, au sens où les facteurs non cognitifs influent sur le travail de la chercheuse et du chercheur et peuvent même être déterminants pour d'éventuelles découvertes ou théories. Autrement dit, ce n'est pas seulement la méthode qui permet d'expliquer la production des résultats scientifiques. Et encore moins son seul volet déductif. Ainsi, dans son célèbre *Système de logique* (1843), le grand empiriste anglais John Stuart Mill prétendait que le rôle de la logique déductive se limite d'abord à présenter après coup, de manière rigoureuse, les résultats obtenus. Selon lui, c'était surtout l'approche inductive qui facilitait la découverte. En fait, inductive ou déductive, la méthode constitue certes une formation essentielle pour l'esprit et un mode d'exposition pédagogique hors pair, mais elle n'explique pas pour autant l'apparition des connaissances elles-mêmes. Du moins, pas sur une base régulière⁵.

Dans une telle optique, s'il existe, pour reprendre le titre célèbre de Popper, une « logique de la découverte scientifique », ce n'est pas seulement dans le développement interne des sciences qu'on pourra la débusquer, mais aussi – et surtout, ajouteraient plusieurs historiennes et plusieurs historiens modernes – dans des déterminants qui n'ont que bien peu en commun avec la logique de la découverte en soi : facteurs religieux, philosophiques, sociaux, politiques et militaires, évidemment⁶, mais aussi contexte de travail, voire idéologies de l'époque, ou encore, histoire personnelle et psychologie de la

***Ce n'est pas seulement la méthode
qui permet d'expliquer la production
des résultats scientifiques.
Et encore moins son seul volet déductif.***

chercheure et du chercheur⁷. Et l'on peut analyser ces facteurs de façons divergentes selon la polarité qu'on leur reconnaît. Traditionnellement, on avait tendance à les percevoir négativement, c'est-à-dire qu'on les voyait comme des écueils dans l'acquisition d'une attitude neutre et impartiale, seule apte à favoriser l'obtention de résultats objectifs. Cette vision des déterminants non cognitifs est, par exemple, celle de Bachelard dans *La formation de l'esprit scientifique – Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (1938). Pour lui, ce sont là les fameux « obstacles épistémologiques », c'est-à-dire les facteurs inconscients qui nuisent à l'appréhension des concepts ou à l'atteinte de l'objectivité nécessaire à la pratique scientifique. Il faut à son avis être en mesure de les surmonter si on veut contribuer à l'avancement des connaissances. Plus récente, la seconde façon d'envisager ces divers facteurs, l'approche externaliste, est fort différente. Elle a plutôt tendance à les voir comme des dimensions incontournables de l'être humain ou de la société dans laquelle il évolue, de sorte que la recherche de neutralité et d'impartialité devient un idéal inaccessible et l'objectivité complète une impossibilité pratique, pour ne pas dire une douce lubie ou même un leurre.

Cette approche a été beaucoup exploitée depuis quelque temps par une discipline un peu paradoxale que l'on appelle la sociologie des sciences. Celle-ci prétend analyser le travail scientifique lui-même dans une optique sociale, entendue en un sens très large. Cette discipline remonte en fait à Auguste Comte, fondateur de la sociologie, mais c'est dans la seconde moitié du ^{xx}e siècle seulement que des chercheuses et des chercheurs importants lui ont octroyé ses titres de noblesse⁸. Négligée pendant quelques décennies, elle a été puissamment renouvelée par le célèbre ouvrage de Thomas Kuhn, *La structure des révolutions scientifiques* (1962). Cet essai a complètement transformé l'histoire des sciences en mettant l'accent sur les changements en profondeur qu'y provoquent les « révolutions » et en proposant par ailleurs, pour les analyser, les riches notions de paradigme, « science normale » et anomalies. Essayons de préciser quelque peu ces différents termes. Pour Kuhn, la science normale est celle qui n'est pas en période de crise et qui obtient des résultats réguliers dans un cadre précis, par exemple la physique au début du ^{xix}e siècle. Le paradigme est une notion nettement plus complexe et qui joue à la fois sur plusieurs niveaux. En quelques mots, ce serait le cadre de travail de la science normale, c'est-à-dire le système des règles, lois et

croyances d'une science particulière à une époque donnée de son développement. C'est donc une notion à la fois théorique (le corps doctrinal des connaissances) et sociologique (l'accord de la communauté scientifique sur les résultats fondamentaux du domaine en question). Les mathématiques du ^{xix}e siècle, antérieures à la crise des fondements, illustreraient assez bien la notion de paradigme. Enfin, l'anomalie, c'est l'observation ou la donnée imprévues qui ne cadrent pas avec les résultats établis, et qui vont mettre en cause le paradigme de la science normale. Par exemple, la mesure de la vitesse de la lumière dans la célèbre expérience de Michelson-Morley en 1887, à partir de laquelle Einstein a dû postuler la constance de *C* et en faire un invariant dans sa future théorie de la relativité. Les retombées de l'ouvrage tonique de Kuhn ont été innombrables et, actuellement, c'est l'effervescence dans ce secteur de recherche. Pour le domaine francophone, un de ses représentants les plus en vue est Bruno Latour, qui interroge la science comme pratique institutionnelle à l'intérieur du monde contemporain. Au Québec, des gens comme Jacques Desautels, sociologue à l'Université Laval, se sont fait une spécialité de cette approche⁹. Dans cette veine, on se penchera sur la communauté scientifique et ses règles, le travail en laboratoire, les paradigmes inconscients qui structurent les mentalités ou, encore, les normes qui régissent les publications scientifiques. En somme, si l'on prend au sérieux la distinction entre contexte de découverte et contexte de justification ainsi que les résultats étonnants de cette sociologie décapante, on peut dire qu'en histoire des sciences, aucune démarcation tranchée ne sépare efficacement le bon grain de l'ivraie, puisque court, sous l'ensemble des travaux, une continuité souterraine qui trouve rarement son fondement dans la logique même de la recherche. De quelque façon qu'on prenne la chose, des facteurs externes, c'est-à-dire non cognitifs, y sont toujours et partout à l'œuvre. C'est pourquoi certaines chercheuses et certains chercheurs tentent à présent d'intégrer à l'histoire plus traditionnelle certains acquis de ce type de sociologie. Je signale à ce propos un exemple fort intéressant. Il s'agit de l'ouvrage de Yves Gingras, Peter Keating et Camille Limoges, dont on notera le sous-titre évocateur : *Du scribe au savant – Les porteurs du savoir de l'Antiquité à la révolution industrielle*¹⁰. Tous Québécois, les auteurs y fournissent en un volume concis, clair et maniable un aperçu cohérent et utile du développement des diverses sciences (de la nature) depuis les origines jusqu'à la fin du ^{xviii}e siècle¹¹.

Cependant, il ne faut pas se le cacher, l'approche sociologique des sciences est plutôt paradoxale. En quel sens ? C'est que l'on prétend analyser, avec des outils aussi rigoureux que possible, l'activité scientifique. Autrement dit, on veut mener une analyse scientifique de la science elle-même. Évidemment, ce sont en général les sciences de la nature que l'on prend pour objet, alors que l'on mène plutôt l'étude grâce à des méthodes, qualitatives ou quantitatives, issues des sciences humaines¹². Mais une science de la science est-elle vraiment possible ?

D'autant plus que, on vient de le voir, de telles approches mettent exclusivement l'accent sur la communauté plutôt que sur la connaissance scientifique, de sorte que l'on fait l'impasse sur toute la dimension cognitive des sciences de la nature, alors considérées comme un système de croyances parmi d'autres. Il n'est pas étonnant que, dans sa version radicale, dite du programme fort, cette approche aboutisse à un relativisme complet¹³. C'est l'une des raisons pour lesquelles deux physiciens, Sokal et Bricmont, outrés par ce genre d'excès, ont décidé de réagir en montant un vaste canular, qui a connu un énorme retentissement. Ils ont en effet proposé à une revue de prestige un article bidon, pompeusement intitulé *Transgresser les frontières : vers une herméneutique transformative de la gravitation quantique*. À leur surprise amusée, cette parodie volontaire fut publiée par la revue en question, qui n'y vit que du feu ! De manière plus constructive, le tout les a heureusement menés ensuite à une sévère critique des approches « culturalistes » (ce terme est le leur) extrémistes, menée à partir des connaissances actuelles en physique. La controverse ainsi générée n'est d'ailleurs pas près de s'achever¹⁴.

MAIS ALORS, LA LINÉARITÉ ET LE PROGRÈS ?

Indépendamment des excès potentiels du programme fort, reste que la perception traditionnelle de l'histoire des sciences s'est trouvée profondément modifiée à la fin du dernier siècle. En effet, comme elle n'est plus perçue comme seulement interne, elle cessera par le fait même d'être platement linéaire ou cumulative.

Dans la conception linéaire de l'histoire, tout est orienté vers l'avenir. Le passé n'existe qu'en fonction du présent, qui lui est forcément supérieur, comme, suppose-t-on, le futur transcendera lui-même à son tour le présent. À ce titre, les époques antérieures ne constituent toujours qu'une anticipation plus ou moins parfaite de la nôtre et, comme l'histoire y est orientée en un seul sens, ce qui n'entre pas dans ce cadre prédéfini est rejeté comme non signifiant. Bref, le temps y est qualifié *a priori*. C'est exactement là ce que l'on appelle, dans la discipline où j'enseigne, une « philosophie implicite de l'histoire ». Implicite au sens où elle n'est pas thématisée pour elle-même et demeure non critique. En écrivant cela, je vais sans doute en faire sursauter plusieurs, chercheurs et chercheurs ou enseignantes et enseignants, qui n'ont vraiment pas l'impression d'adopter, dans la conception de l'histoire de leur discipline, une vision philosophique, d'ailleurs assez naïve... Comment ne pas voir pourtant que, orientée et linéaire, cette conception courante n'est en fait qu'une simple transposition, au domaine des sciences, de la notion très générale de progrès ? On aboutit ainsi à une dévalorisation du passé assortie d'une sacralisation du présent, et tous les scientifiques des époques révolues ne seront vus que comme des précurseurs plus ou moins lucides selon leur éloignement temporel. En conséquence, l'histoire y est constamment revue et remaniée en fonction des avancées les plus récentes. C'est ce

que, pour sa part, le philosophe Lakatos, disciple dissident de Popper, nomme fort justement des « reconstructions rationnelles¹⁵ » du passé. On a pu parler à ce propos de rétrodiction, c'est-à-dire de prédiction inversée. En effet, les auteurs et les auteurs, les faits et les théories ne seront signifiants – et donc considérés et retenus dans un éventuel survol temporel – qu'en fonction du résultat le plus récent, celui auquel l'on veut précisément parvenir. Il s'agit là, on le constate, d'un agencement linéaire *a posteriori*. Évidemment, dans une optique externaliste, il faut abandonner cette conception simpliste et trop prévenue, car elle mène à des erreurs de perspective manifestes. Les recherches et découvertes du passé ne sauraient être seulement des anticipations. Afin de clarifier quelque peu ce point délicat, examinons rapidement un exemple simple.

On présente souvent l'astrologie comme l'ancêtre de l'astronomie, qu'elle aurait préparée et annoncée, ce qui permet d'établir un lien explicite entre elles deux. Pourtant, l'astrologie babylonienne, la toute première attestée par l'histoire, n'a pas grand-chose de commun avec l'astronomie, qui ne fait son apparition que beaucoup plus tard, chez les penseurs grecs. Elle en diffère d'abord par le but, essentiellement pragmatique : le mage babylonien devait aider à prédire le destin des humains ou encore, grâce à la détermination du calendrier, le sort éventuel des récoltes. Ensuite, les moyens de cette pratique divinatoire se limitent à l'observation et au relevé des régularités célestes, dans le but avoué de constituer des tables d'occurrences, communément appelées éphémérides. C'est d'ailleurs cette recherche de régularité qui a mené les mages à la distinction entre planètes – les astres errants – et étoiles – les astres au comportement plus prévisible. De plus, il n'y a pas d'objectif théorique, au sens où on l'entend habituellement. Le caractère et la méthode de l'astrologie sont donc essentiellement empiriques, puisque, incarnée dans un modèle géométrique, l'idée même de théorisation apparaîtra chez les Grecs seulement. On la doit en fait à Pythagore, chez qui elle avait cependant un sens assez différent de celui d'aujourd'hui. Par ailleurs, une base fondamentale de l'astronomie, comme de toute science de la nature, la notion de « cosmos » entendu comme univers organisé obéissant à des lois, se trouve selon toute apparence absente de la pensée des Babyloniens. Une fois encore, on la doit à Pythagore : chez lui, la contemplation (*Theoria*) a pour objectif la saisie de l'ordre et de la beauté de l'univers, ce que cherche à nommer ce concept de *Cosmos* qu'il semble le premier avoir proposé. Alors, au vu de toutes ces différences cruciales, peut-on vraiment affirmer qu'il y a continuité de l'astrologie à l'astronomie ? En fait, il s'agit sans doute de deux activités fondamentalement étrangères l'une à l'autre, deux formes culturelles endogènes et indépendantes, la première relevant davantage de l'assistance à la gouvernance du royaume, la seconde représentant plutôt un mode de connaissance. De sorte que la linéarité en histoire des sciences constitue probablement l'exception plutôt que la règle et, comme le croient Kuhn et Lakatos, les bifurcations, les réorientations, les coupures, voire les révolutions, y sont monnaie courante.

Ainsi, l'histoire des sciences présenterait la plupart du temps un caractère discontinu, fonctionnant d'abord par ruptures, et ce serait par d'habiles artifices seulement qu'on obtiendrait après coup un panorama temporel sans hiatus. Dans un tel contexte, le progrès demeure sans doute envisageable, mais la linéarité, entendue comme cumul régulier de connaissances, devient évidemment assez problématique. En réalité, il faut concevoir le développement scientifique de manière beaucoup plus ouverte et sa périodisation sera en conséquence plus complexe, tissée de lignes de fuite, de croisements étonnants, voire de ruptures et de « chemins ne menant nulle part » (selon la célèbre expression de Heidegger). Heureux polygraphe, Michel Serres a tenté une telle histoire des sciences, plus libre et moins corsetée. Assez prudent, le titre adopté pour la vaste synthèse collective qu'il a dirigée frappe d'ailleurs immédiatement la lectrice et le lecteur et annonce d'entrée de jeu la couleur. Ces *Éléments d'histoire des sciences* présentent en vingt-deux chapitres appelés, de façon significative, bifurcations, les moments-pivots où, en équilibre instable, l'histoire des connaissances eût pu basculer dans plusieurs directions opposées. C'est ce que Serres appelle, dans sa préface au langage très imagé, « un bassin fluvial mobile à confluents et lits multiples¹⁶ ».

QUELQUES CONSÉQUENCES SUR L'HISTOIRE ET LA PÉDAGOGIE DES SCIENCES

Si l'on accepte un tel changement d'optique, quelles en sont les conséquences ? Ajoutée au postulat implicite de sa linéarité, l'orientation *a priori* de l'histoire entraîne aisément des illusions rétrospectives et des anachronismes qu'une approche plus soucieuse d'historicité doit savoir dépister. En effet, de telles erreurs seront peut-être de peu de conséquence au strict plan pédagogique, où l'on fait surtout appel au contexte de justification. Mais elles ne constituent pas pour autant des vérités historiques et leur contexte de découverte se révélera la plupart du temps fort différent. À titre d'illustration, donnons deux exemples souvent utilisés dans les cours du collégial, le premier tiré de l'histoire de la biologie, le second de celle de la physique.

Il est courant d'opposer, en biologie, darwinisme et lamarckisme, et aucun manuel ne s'en prive. Darwin et Lamarck, ces deux pères fondateurs de l'évolutionnisme cherchent en effet tous deux à accréditer l'évolution comme fait empirique, mais ils diffèrent du tout au tout quant à l'identification de son mécanisme. Lamarck, explique-t-on, défendait une conception finaliste de l'histoire du vivant, où il y aurait eu nécessaire croissance de la complexité grâce à une évolution des individus sous l'action du milieu. L'usage ou le non-usage aurait ainsi modifié les divers organes à un point tel que l'organisme en aurait été lui-même transformé. Transmissibles au fil du temps, ces modifications s'additionneraient, faisant ainsi de l'adaptation le moteur de l'évolution et donnant par voie de conséquence naissance à de nouvelles espèces. À l'opposé, croit-on, Darwin

aurait rejeté cette notion de caractère acquis par adaptation. Selon lui, les traits évolutifs inédits apparaissent dès la naissance des individus, grâce à un mécanisme que l'on ignore. Il postulait à ce propos, avec beaucoup d'embarras, l'existence de « gemmules », une substance mystérieuse qui expliquerait l'apparition des fameuses variations individuelles et, par conséquent, la transmission héréditaire de caractères nouveaux, quoique innés. Le milieu n'entraîne donc pas de modification adaptative des organismes et, dans la lutte pour la vie occasionnée par la surnatalité naturelle des représentants de chaque espèce, son rôle se limite plutôt à sélectionner les traits qui présentent une valeur évolutive, permettant la survie des plus aptes. Le moteur de l'évolution serait donc plutôt la sélection naturelle.

Ce schéma simplifié de l'opposition nette entre les deux scientifiques n'est pas totalement inapproprié et il s'avère en outre pédagogiquement utile, car il permet d'exposer une incompatibilité séculaire entre l'hérédité lamarckienne des caractères acquis, aujourd'hui largement discréditée, et sélection naturelle. Malheureusement, inexact au strict plan historique, il doit être sérieusement modulé. Quand on l'adopte sans autre forme de procès, on oublie trop facilement un aspect important de l'œuvre de Darwin. Dans son maître ouvrage, *L'origine des espèces par voie de sélection naturelle* (1859), on constate en effet qu'il fait régulièrement voisiner les théorisations « darwiniennes » avec des schémas tout à fait lamarckiens. En fait, les deux types d'explication y coexistent allègrement et Darwin n'abandonne pas du tout le schème de l'hérédité des caractères acquis, qui se superpose à sa notion plus prometteuse de sélection naturelle¹⁷. C'est par un jugement rétrospectif (par rétrodiction) que l'on oblitère cette dimension de son texte. Et pourquoi ? C'est que l'énoncé des lois mendéliennes de l'hérédité nous paraît décisif¹⁸ et, sur cette base, l'on peut réinterpréter l'apport de *L'origine des espèces* pour n'en retenir que les éléments annonçant effectivement la théorie moderne de l'évolution, ce qu'on appelle habituellement aujourd'hui la théorie synthétique¹⁹.

À titre de second exemple, voyons la question du principe d'inertie, l'un des postulats de base de la mécanique classique. Contrairement à ce que croient beaucoup de professeurs et de professeurs de physique (et parfois même certaines historiennes et certains historiens !), la première formulation explicite de ce principe ne provient pas de Galilée, même si la chose eût été logique, étant donné ses travaux sur la vitesse, l'accélération et la chute des corps. Malheureusement, l'histoire présente rarement une telle cohérence, à moins qu'on ne la reconstruise *a posteriori*... En fait, le principe d'inertie semble bien avoir été énoncé clairement pour la première fois par un philosophe et, qui plus est, un philosophe souvent méprisé par les physiciens, qui lui reprochent entre autres sa prétendue absence d'expérimentation et son attitude dogmatique. On l'aura deviné, il s'agit de Descartes, qui le pose clairement dans ses

Principes de philosophie (1644). Comment se fait-il que Galilée, père fondateur de la physique moderne et créateur de la cinématique, n'ait pas énoncé ce principe, qu'on lui attribue pourtant dans la plupart des manuels ? Pour une raison très simple. Galilée s'oppose en effet à la physique qualitative et spontanée d'Aristote sur à peu près tous les points. Il n'a d'ailleurs eu de cesse sa vie durant de la critiquer méthodiquement pour la remplacer par une physique plus moderne, à la fois mathématique et expérimentale. Cependant, il croit encore – et c'est d'ailleurs l'une des rares choses qu'il retient d'Aristote – que le cercle est le « mouvement naturel » des planètes²⁰. Ce qui s'accorde difficilement avec le principe d'inertie, qui stipule qu'un corps quelconque maintiendra indéfiniment son état de repos ou son mouvement rectiligne uniforme, à moins qu'une force extérieure ne vienne modifier sa trajectoire. Pourquoi attribue-t-on alors systématiquement le principe d'inertie à Galilée ? Pour de nombreuses raisons, plus ou moins explicites. Citons-en quelques-unes. Parce que Galilée s'est approché à plusieurs reprises de la formulation de ce principe, surtout vers la fin de sa vie. Parce qu'il y a continuité de pensée et de travail manifeste entre lui et Newton²¹, lequel fait de ce principe l'une des bases de la grande synthèse des *Principia mathematica*²². Parce que Descartes n'est pas perçu comme ayant mené des travaux sérieux en physique, à l'exception peut-être de l'optique où on lui reconnaît, conjointement avec le Hollandais Snell, la paternité de la loi de réfraction de la lumière. Parce que les choses semblent simples et limpides quand on oppose sans nuance, comme on le fait régulièrement depuis Newton en Angleterre et Voltaire en France, la philosophie théorique de Descartes et l'approche expérimentale de Galilée et Newton²³. On pourrait sans doute poursuivre longtemps l'énumération de telles raisons. Reste que, sauf erreur, l'on ne trouve pas l'énoncé exact du principe d'inertie avant les écrits de Descartes et, comme celui de l'antilamarckisme de Darwin, c'est là, à notre avis, un autre exemple particulièrement net d'artifice rétrospectif.

POURQUOI FAIRE DE L'HISTOIRE ET DE LA CULTURE SCIENTIFIQUE DANS LES COURS DE SCIENCES ?

Au vu de ces quelques exemples, on saisit mieux les dangers et les omissions spontanées d'une histoire des sciences cumulative, exclusivement interne et mécaniquement linéaire. Dans ces conditions, il vaut la peine de s'astreindre à une analyse moins limitée et un tant soit peu précise. *Après tout, même humaine, l'histoire est elle-même une science, et elle aussi doit faire preuve de rigueur.* D'autant plus que cela présente des avantages certains. En terminant, évoquons rapidement certains d'entre eux, parmi les plus importants.

Une approche externaliste et moins linéaire se montre évidemment plus sensible à l'hétérogénéité des divers moments historiques ainsi qu'à la complexité socioculturelle. Elle permet une vision plus globale et rend mieux compte du fait que la naissance des sciences, leur développement et leurs résultats

majeurs s'insèrent dans un contexte général, lequel, sans expliquer pour autant l'apparition des découvertes²⁴, en constitue malgré tout le terreau premier. Pour reprendre une distinction classique en philosophie, on dira qu'un tel sol constitue une condition nécessaire, quoique non suffisante, de la compréhension des diverses disciplines scientifiques.

Par ailleurs, cette vision plus globale permet aussi de **nouer des liens avec les autres aspects de la formation de l'élève**, par exemple avec les cours d'histoire du secondaire ou les cours collégiaux de formation générale — songeons, par exemple, aux cours de français et de philosophie. En inscrivant le développement des sciences dans le contexte plus large de l'histoire des idées, **on établit un pont naturel entre le domaine de spécialisation de l'élève et les disciplines générales**. Un des objectifs de l'approche par compétences n'est-il pas de favoriser le transfert des connaissances et des habiletés entre les différentes composantes de la formation ? Des aperçus significatifs sur l'histoire des sciences peuvent certes contribuer à l'érection de telles passerelles interdisciplinaires.

Enfin, une telle approche est aussi susceptible **d'aider au développement de l'esprit critique**, si important pour une utilisation saine de la méthode scientifique. En effet, une image tronquée de la constitution des sciences peut aisément mener à une forme de scientisme assez navrante. L'homme ou la femme de science n'est pas un être désincarné qui accumule sereinement connaissances et découvertes par un processus rigoureux et transparent, pas plus qu'un cours de chimie ou de physique ne se ramène à des formules, voire à des recettes. Ces images d'Épinal, qui présentent une version étriquée et mécanique du travail scientifique, sont non seulement partielles, mais elles peuvent s'avérer nocives au sens où elles contribuent à donner à l'élève une vision fautive de son futur métier, faisant l'impasse sur ce qui l'attend : compétition féroce, explorations ardues, tâtonnements inévitables, voies sans issues, voire même fraudes ou erreurs retentissantes²⁵. En ce sens, en offrant une vue plus réaliste du travail dans les différentes disciplines, un relativisme à petites doses pourra sans doute constituer un antidote précieux au dogmatisme impénitent ou encore à un contexte de justification trop réducteur.

En débutant ce texte, nous faisons allusion à une double nécessité du nouveau programme collégial de Sciences de la nature : l'établissement de liens entre la science, la technologie et l'évolution de la société (objectif 8) ainsi que la prise en compte du contexte d'émergence et d'élaboration des concepts scientifiques (objectif 10). On a vu comment une utilisation adéquate de l'histoire des sciences constitue un moyen privilégié pour réaliser ces objectifs dans les divers cours de ce programme particulier. Mais, ajoutons-nous, une telle histoire représente également un ingrédient essentiel dans l'acquisition d'une culture scientifique, valable pour l'ensemble des études collégiales. En établissant en effet des liens entre

disciplines, en montrant comment les débats scientifiques du passé ont été reliés au développement général des idées, quelle qu'ait par ailleurs été leur nature, on propose une vue d'ensemble particulièrement bienvenue à un moment où les débats de société contemporains portent de plus en plus sur des enjeux scientifiques complexes, qu'il s'agisse du clonage humain, des cellules souche, des OGM, de la guerre des étoiles ou de toute autre question nécessitant un esprit critique affûté, assorti d'une bonne vue d'ensemble et de solides connaissances générales. Alors que la culture humaniste classique est en perte de vitesse et qu'un univers scientifico-technique se développe à toute allure dans notre société mondialisée, alors que les liens entre savoir et société se complexifient à vue d'œil, un nouvel humanisme scientifique doit voir le jour²⁶. À titre de branche de la culture scientifique, l'histoire des sciences, bien comprise et bien monnayée, peut certes devenir l'une de ses dimensions, aussi souhaitable qu'incontournable. ■

jcsimard@globetrotter.net

NOTES

1. Les Anglo-Saxons parlent souvent de « social sciences », alors que le monde francophone opte plutôt pour le vocable « sciences humaines ». Nous nous en tiendrons ici à l'usage français, mais cela n'implique évidemment pas que nous écartons pour autant de nos considérations les sciences dites sociales (sociologie, ethnologie, anthropologie, économie, science politique, etc.).
2. Bien qu'on les applique plus spontanément aux sciences de la nature, ces traits valent cependant également pour les sciences humaines.
3. Dans le cas des sciences humaines, certaines de ces étapes sont évidemment plus difficiles à réaliser ou à constater. Ainsi, par exemple, on y fait parfois l'économie de l'expérimentation pour la remplacer par la construction d'un instrument de collecte des données. Mais il ne faut pas pour autant exagérer la différence avec les sciences de la nature. En effet, les deux versants de cette célèbre partition sont moins éloignés qu'on veut parfois le croire. Examinons d'abord le côté cour. L'astronomie a constitué pendant des siècles une pure activité d'observation où l'expérimentation était en principe impossible. C'est au ^{xx}e siècle seulement, alors qu'elle a opéré sa jonction avec la physique des hautes énergies, que l'astrophysique ainsi créée a pu se livrer à des expérimentations au sens traditionnel du terme. Cela ne s'est donc guère produit avant les travaux d'Einstein (1905, l'équivalence masse-énergie), d'Eddington (1926, la fusion thermonucléaire comme principe énergétique des étoiles) et de Chandrasekhar (années 1930, l'évolution et la dégénérescence des étoiles), lesquels ont posé les bases de cette synthèse théorique. Pourtant, on n'a pas attendu cette jonction, somme toute récente à l'échelle de l'histoire des connaissances, pour déclarer l'astronomie pleinement scientifique. Exprimons la chose en termes plus techniques. Même si, à l'instar de l'astronomie classique, elle n'est pas expérimentale, on dira d'une activité qu'elle est malgré tout une

En établissant [...] des liens entre disciplines, en montrant comment les débats scientifiques du passé ont été reliés au développement général des idées, [...] on propose une vue d'ensemble particulièrement bienvenue à un moment où les débats de société contemporains portent de plus en plus sur des enjeux scientifiques complexes [...] nécessitant un esprit critique affûté, assorti d'une bonne vue d'ensemble et de solides connaissances générales.

- science empirique (c'est-à-dire qu'elle étudie méthodiquement des objets sis dans le temps et dans l'espace), à condition qu'elle soit au moins observationnelle. Si l'on traverse à présent la scène pour passer du côté jardin, qu'y constate-t-on ? La plupart des sciences humaines sont bien observationnelles, sans être pour autant expérimentales. (La seule exception notable est évidemment la psychologie où l'on réalise régulièrement des expérimentations précises et des découvertes, par exemple en psychophysiologie.) Toutes se qualifient donc pleinement à titre de sciences empiriques. Ainsi, on le constate, les deux grands types de sciences étudient certes des objets différents par nature. Mais conclure à une distinction *méthodologique* trop stricte peut conduire à des exagérations, voire à des déformations manifestes d'une réalité complexe et moins tranchée qu'il n'y paraît de prime abord.
4. Reichenbach se situe dans la mouvance de l'école dite du positivisme logique (ou encore néo-positivisme). Né au début du ^{xx}e siècle, ce mouvement prétendait prendre en considération les résultats scientifiques comme éléments déterminants pour toute pratique conséquente d'une forme moderne de philosophie. Il accordait donc à la logique et à l'épistémologie une place centrale dans l'entreprise cognitive. Ce qu'affirmait Reichenbach dans son ouvrage était destiné avant tout aux praticiennes et aux praticiens des sciences exactes. Mais, moyennant certaines précautions, on peut à notre avis en étendre la portée à l'ensemble des sciences enseignées au collège.
 5. Signalons d'ailleurs à ce propos que les sciences humaines posent un problème particulier en ce qui a trait à la méthode. On y discute plutôt *des* méthodes, alors qu'on parle habituellement de *la* méthode pour l'ensemble des sciences de la nature. En effet, l'approche fortement teintée de positivisme du ^{xix}e siècle a aujourd'hui moins bonne presse. De sorte qu'existe en sciences humaines un vaste débat sur l'existence de méthodes qualitatives

- (liées à des techniques telles l'entrevue, l'enquête, l'analyse de contenu, etc.) plutôt que quantitatives (l'expérimentation en psychologie, l'utilisation extensive des statistiques, etc.). On aura compris que cette question touche la spécificité des sciences humaines elles-mêmes, en particulier celle de leur objet : contrairement à l'objet naturel, l'être humain a une conscience, des intentions, il réagit aux stimuli en réfléchissant, etc. Pour le programme québécois de Sciences humaines, on a résolu le problème sans trancher le débat, en imposant un cours obligatoire pour chacun des deux types de méthode : *Initiation pratique à la méthodologie utilisée en Sciences humaines*, plus qualitatif, et *Initiation aux méthodes quantitatives en Sciences humaines*. Ici, comme partout ailleurs dans le monde, la question demeure donc ouverte.
6. Sans parler des éléments ésotériques dont, par exemple, un Kepler et un Newton se montraient particulièrement friands.
 7. À ce propos, on cite souvent l'exemple célèbre de Kekulé, l'initiateur du symbolisme moderne en chimie. C'est grâce au rêve d'un ouroboros, l'antique figure du serpent se mordant la queue, qu'il put enfin trouver la formule cyclique du benzène, un problème difficile qui le hantait littéralement depuis des mois. Cette création historique, marquante pour la chimie organique naissante, trouva donc sa source première dans un rêve. (Pour une intéressante analyse du rôle de l'imagination en science, voir, dans la bibliographie, l'ouvrage de Gerald Holton.)
 8. Citons à titre d'exemple particulièrement éloquent l'ouvrage de Robert Merton, *Technology and Society in Seventeenth Century England* (1970), qui montre comment le puritanisme a été un facteur déterminant dans la naissance de la science anglaise. Précisons d'ailleurs dans la même foulée que Merton avait eu un prédécesseur, le sociologue Max Weber, qui, dans son grand classique, *L'éthique protestante et l'esprit du capitalisme*, avait mené une démonstration similaire pour la naissance du capitalisme moderne.
 9. Sur le site Internet du *Saut quantique*, on pourra consulter l'analyse extrêmement critique que, de ce point de vue, M. Desautels propose du nouveau programme collégial de Sciences de la nature.
 10. Voir la bibliographie pour des indications complètes.
 11. Pour une recension détaillée de cet excellent travail, je me permets de renvoyer ici à mon analyse parue dans *Philosophiques*, automne 2001, p. 466-469.
 12. À ma connaissance, on n'a pas encore tenté d'analyser scientifiquement le travail en sciences humaines, ce qui serait doublement paradoxal et sans doute autoréfutant...
 13. Ce sont principalement Barnes et Bloor (la fameuse « École d'Édimbourg ») qui représentent cette mouvance dont participe aussi Latour. Ils tendent en fait à ramener l'objectivité à un simple consensus social... Pour un bon exposé de leur programme, voir David Bloor, *Knowledge and Social Imagery*, Chicago, University of Chicago Press, 1991.
 14. Voir Sokal et Bricmont, *Impostures intellectuelles* (Paris, Éd. Odile Jacob, 1997), qui raconte en appendice cette aventure rocambolesque et reproduit à cette occasion le texte du faux article. L'ouvrage lui-même s'attaque pour sa part à tout un courant qualifié de « relativisme postmoderne ». La critique du programme fort en sociologie des sciences se trouve surtout aux chapitres 3 et 5.
 15. Imre Lakatos, *Philosophical Papers*, vol. I : *The Methodology of Scientific Research Programmes*, Cambridge, Cambridge University Press, 1978, p. 192.
 16. *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Bordas/Larousse, 1997, p. 30.
 17. Voir en particulier le chapitre V de *L'origine...*, qui aborde les lois de la variation.
 18. Signalons d'ailleurs en passant que la génétique mendélienne fait elle-même l'objet d'une réinterprétation *a posteriori*. En fait, elle a été complètement ignorée du vivant de son auteur (y compris par Darwin lui-même !) et n'a été « redécouverte » que beaucoup plus tard, longtemps après la mort de Mendel en 1884. C'est la critique sévère adressée par Weismann à la notion d'hérédité des caractères acquis qui porta un dur coup au néo-lamarckisme florissant à la fin du XIX^e s. et, favorisant le néo-darwinisme de l'époque, prépara une telle résurrection.
 19. Rappelons que la théorie synthétique, aussi appelée théorie néo-darwinienne, un terme à notre avis moins approprié étant donné son histoire très chargée, est née dans la première partie du XX^e siècle. À l'évolution par sélection naturelle issue du darwinisme, elle ajoute les nombreux acquis de la paléontologie moderne, ainsi qu'un élargissement des théories de Mendel, la génétique des populations. On la doit principalement aux travaux d'Ernst Mayr, George Gaylord Simpson et Theodosius Dobzhansky.
 20. Soit dit en passant, c'est ce qui l'amènera à rejeter avec véhémence la notion d'orbite elliptique des planètes, dont Kepler voulait faire la base de sa nouvelle vision du cosmos. On sait pourtant que cette avancée est depuis connue comme le premier énoncé véritable d'une loi en histoire de l'astronomie moderne. Ajoutons, pour faire bonne mesure, que Galilée considérait son collègue comme un doux rêveur, voire un fumiste – ce en quoi il n'avait peut-être pas entièrement tort, si on en juge par les « travaux » de Kepler sur l'astrologie... Comme quoi, même d'authentiques génies, aveuglés par la nouveauté de leurs propositions théoriques, ont parfois une vision assez débilante de celles de leurs contemporains...
 21. D'autant plus que, symbole puissant, cette continuité historique Galilée-Newton semble mystérieusement confirmée par un coup de pouce du Destin, Galilée étant mort l'année où naît son génial successeur...
 22. Voir à ce propos la définition III des *Principia mathematica*.
 23. L'attribution erronée du principe d'inertie à Galilée semble d'ailleurs remonter à Newton lui-même. C'est dans les *Lettres philosophiques* XIV à XVII (1734) que Voltaire a dressé son célèbre parallèle entre le « sage » Newton et Descartes le « rêveur », dont l'importance historique fut considérable. Les qualificatifs qu'il accole à ces deux géants sont particulièrement piquants quand on songe à quel point Newton, au caractère si étrange, était

névrosé. Mais Voltaire nourrissait aussi dans cet ouvrage, on le sait, des desseins politiques.

24. « Florence n'explique pas Galilée », comme se plaisait à le rappeler le grand historien Koyré, farouchement internaliste...
25. La question de la fraude en science a fait récemment l'objet de nombreuses études qui en révèlent l'extension étonnante et le caractère parfois assez dramatique.
26. Serres propose pour sa part un programme plus ambitieux encore, une anthropologie générale des sciences. Voir par exemple *Éclaircissements – Entretiens avec Bruno Latour*, Paris, Flammarion, coll. « Champs », 1994, p. 201 et suiv.

BRÈVE BIBLIOGRAPHIE COMMENTÉE

ACOT, Pascal, *L'histoire des sciences*, Paris, PUF, coll. « Que sais-je ? », 1999.

Une introduction simple et concise aux principaux aspects et problèmes de l'histoire des sciences aujourd'hui.

GINGRAS, Yves, Peter KEATING et Camille LIMOGES, *Du scribe au savant – Les porteurs du savoir de l'Antiquité à la révolution industrielle*, Montréal, Les Éditions du Boréal, coll. Boréal compact, 1999.

Une bonne petite synthèse portative qui intègre quelques acquis de la sociologie des sciences. Elle s'arrête pour l'instant au XVIII^e s., mais un second volume est en préparation.

HOLTON, Gérald, *L'invention scientifique – Thémata et interprétation*, Paris, PUF, 1982.

Une analyse originale des mécanismes de la découverte scientifique, par un physicien qui est aussi historien des sciences. Trois des chapitres de cet ouvrage, ceux sur Einstein, ont été particulièrement remarqués.

KOYRÉ, Alexandre, *Du monde clos à l'univers infini*, Paris, Gallimard, coll. « Idées », 1973.

Les débuts de la révolution scientifique décrits par un partisan déclaré de l'internalisme. Un texte ardu, mais un classique.

KUHN, Thomas, *La structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion, coll. « Champs », 1983.

L'ouvrage qui a redonné à l'approche externaliste de l'histoire des sciences un nouveau souffle, grâce à sa sociologie de l'activité scientifique et à son célèbre concept de paradigme.

LATOUR, Bruno, *La science en action*, Paris, Gallimard, 1995.

LATOUR, Bruno et Susan WOOLGAR, *La vie de laboratoire – La production des faits scientifiques*, Paris, La Découverte, 1988.

Deux bons exemples contemporains de l'analyse sociologique du travail en sciences de la nature.

ROSMORDUC, Jean, *L'histoire des sciences*, Paris, Hachette, coll. « Éducation », 1996.

Une introduction à l'histoire des sciences davantage orientée vers les questions pédagogiques et incluant nombre d'indications bibliographiques utiles.

SERRES, Michel (dir.), *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, Larousse-Bordas, 1997.

Sous la direction d'un brillant franc-tireur, un collectif de spécialistes propose une histoire des sciences plus ouverte et moins traditionnelle. Signalons qu'il s'agit ici d'une édition de poche, plus abordable, l'original, cartonné, illustré et grand format, ayant paru chez Bordas en 1989.

Jean-Claude SIMARD enseigne la philosophie au Collège de Rimouski. En collaboration avec les enseignantes et les enseignants de Sciences de la nature de son institution, il travaille depuis plusieurs années à l'élaboration d'un programme de culture scientifique. Dans ce cadre, il dispense, entre autres, un cours sur l'épistémologie et l'histoire des sciences. Il enseigne également, à l'occasion, la méthodologie des sciences humaines.